

1. はじめに 杭の支持力を推定する場合、現地のサウンディング結果と利用する方法があり、精度の確保ができるなら実用上の意義はきわめて大きい。Meyerhof, Van der Veen, その他により杭の先端支持力とN値あるいは q_c 値との相関関係が示されているが、その精度は必ずしもよいとはいえない。例えば $\pm 50\%$ の精度であるといわれているが^①、その原因は地盤の不均一性や施工誤差のみに置くことでは解決されない問題点を含んでいると考えられる。ここでは $\phi \sim D/B \sim N_q$ の関係および $D_r \sim p \sim N$ の関係をを用いて、 $q_p \sim N$ の相関性を検討したものである。

2. 先端の塑性域について

Meyerhof は静力学的公式の誘導に当って、杭の根入深さが十分大きいときは、塑性域は杭周面に至るような対数ラセンを考えた。その結果、 $\phi \geq 30^\circ$ においては杭先端上方へ $10B$ 以上の影響範囲をもち、N値と利用する場合もその範囲の値を対象としている。Van der Veen は q_c 値と q_p との相関性を検討し、平均対象範囲の最大期待値は杭先端上方へ $3.75B$ としている。平均範囲が塑性域と対応しているとすれば前者の考え方の間には大きな差がある。筆者は砂層中における模型杭の試験から図-1のような結果を得た。^② $D/B \geq 7$ における N_q の実測値とMeyerhof・岸田の値と比較すると(有効根入れ)/(杭中)の値 $D_e/B < 3$ の範囲に分布している。すなわち D/B がある程度以上になると塑性域の大きさは制限され、杭周面には達しないことになる。杭先端上方への範囲を D_e/B とみなせば、二次元模型による観察結果の r/B と非常によく一致している。 r/B は D/B の双曲線関数とみられ、実験的には $r/B \rightarrow 1$ とみなされることを示した^③。

いずれにしても通常用いられる条件では $D/B > 7$ が多いので、 $r/B \approx 1$ とおけば妥当な推定値を得ることができよう。ここではそれをもとにして論議を進めることとする。

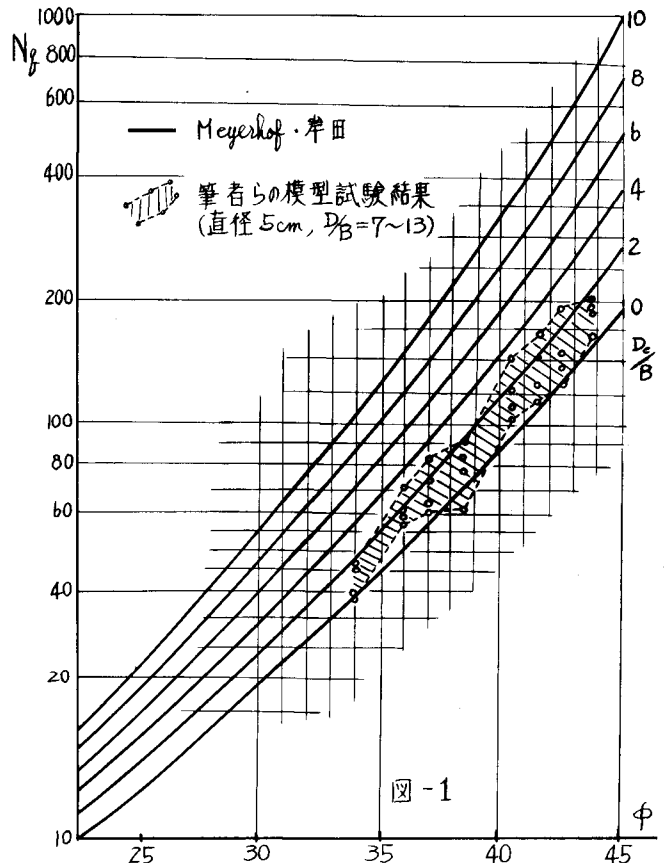


図-1

3. N 値と相対密度と内部摩擦角の関係

砂層の内部摩擦角 ϕ を推定するには D_{unihum} , 大崎, Peck, Meyerhof などの提唱がある。これらはいずれも $\phi = f(N)$ の型で表わされている。また $\phi \sim e$, $\phi \sim D_r$ など与えられているが、ここでは $N \sim p \sim D_r$, $\phi \sim D_r$ の関係を用いて $\phi = f(N, p)$ の関係を導いてみる。

Schultze-Mengenbach^② は現場実験から

$$\ln D_r = 0.478 \ln N - 0.262 \ln p + 2.84 \quad \cdots (1) \quad D_r: \% \quad p: \text{kg/cm}^2 \quad N: N \text{ 値}$$

なる関係を与えており、諸提案の平均的關係と与えるものと解されている。(1) 式では D_r が一定であっても有効上載圧 p によって N 値が異なる。もし $\phi \sim D_r$ 関係より $\phi = \phi_0$ が与えられても、それに対応する N 値は p により無数に存在する。したがって $\phi = f(N)$ とおくことには無理な点が含まれている。また

$$\phi = a D_r + b \quad \cdots (2) \quad D_r: \% \quad a, b: \text{常数}$$

の形で表わした Meyerhof の式^④があり、 $a=0.15$, $b=25 \sim 30$ としているが、大崎らによって表わされた東京砂層の $\phi \sim N$ 図^⑤を $p \approx 0 \sim 50 \text{ t/m}^2$ の範囲でカバーできるような常数選定をすれば

$$\phi \approx 0.30 D_r + 15^\circ \quad (3)$$

とおくことができる。(1), (3) 式を組合わせれば図-2 のような $N \sim p \sim \phi$ 関係が得られる。

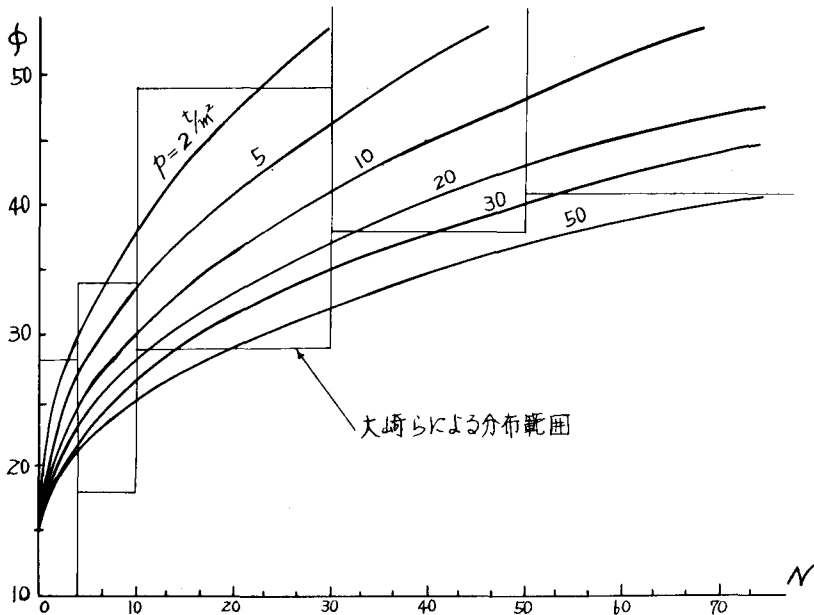


図-2

$N \sim p \sim D_r \sim \phi$ の関係図

$D_r \sim N \sim p$: Schultze-Mengenbach による (1) 式

$\phi \sim D_r$: 大崎らによる東京砂層の実測結果から

$D_r \sim N$ の区分を Meyerhof の表示と等価して表わした Meyerhof の提案

大崎が東京砂層の実測値から得た関係式^⑤

$$\phi = \sqrt{20N} + 15^\circ \quad (4)$$

は図-3 (C) においては 有効上載圧 $p=12 \text{ t/m}^2$ 程度に対応する値を示すことになり、それより小さな p に対する内部摩擦角は (4) 式より大きな値となる。ただし (2) 式の N の値の選び方によってかなり異なった結果を得る。

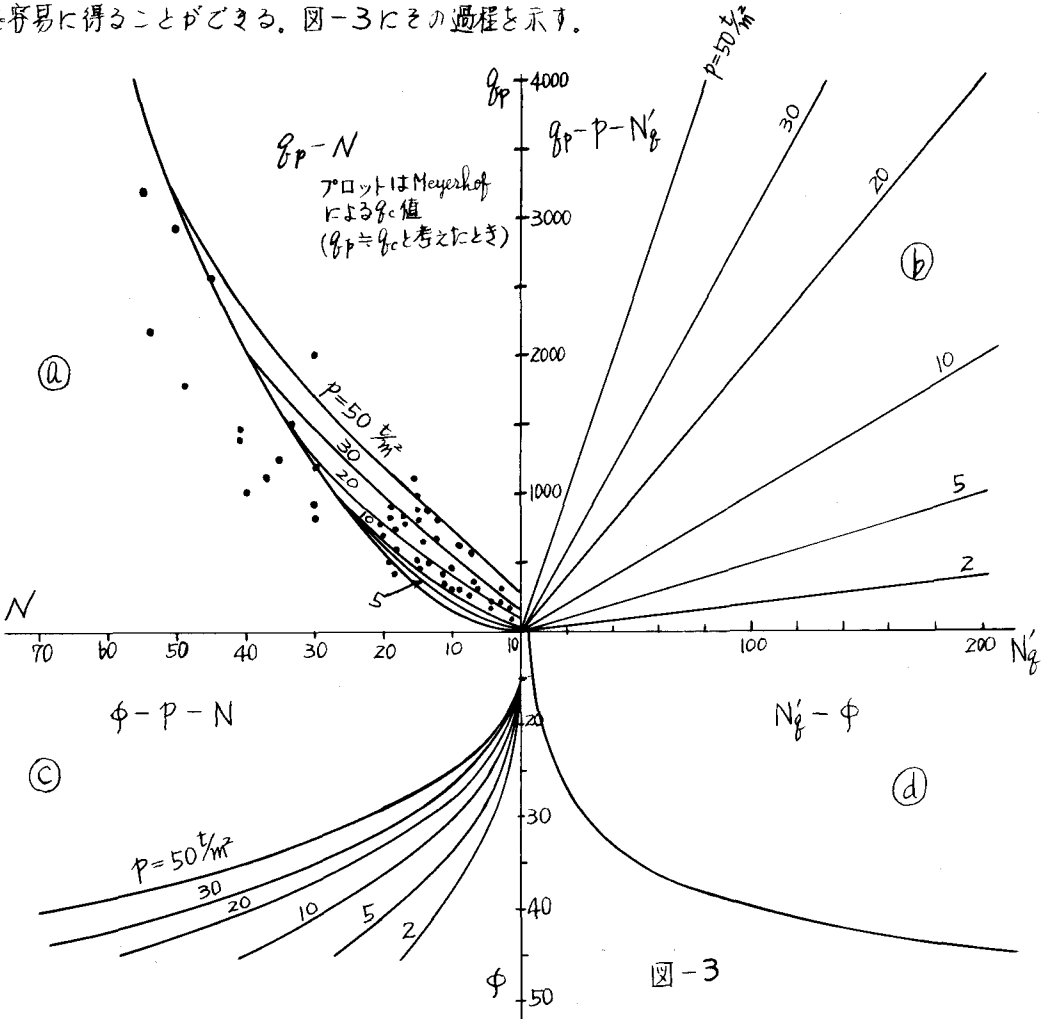
4. N 値と先端抵抗の関係

杭の先端支持力は Meyerhof の式から

$$q_p = CN'_c + pN'_q \quad (5)$$

$$q_p = pN'_q \quad (C=0) \quad (b) \quad p: \text{有効上載圧}, N'_q: \text{複合支持力係数}$$

で表わされる。砂層における実験結果から根入水深 L が大きい場合の先端塑性域は $K/B \rightarrow 1$ とみなされることから、 N'_q の値は図-1 の $De/B \approx 1$ の値を用いることができる。また N 値から埋地の内部摩擦角は図-3 (C) のようにして求まるので、これらを組合わせれば砂層における杭の先端支持力を容易に得ることができる。図-3 にその過程を示す。



N に対する q_p の下限値は $D_r=100\%$ の軌跡と与えられるが、図-3 (a) では、

$$q_{p \min} \approx 2.15 N^{1.82} \quad (\text{t/m}^2) \quad (7)$$

と表わされる。Meyerhof の N - q_c 関係を図-3 (a) 中にプロットすると、 $N \geq 30$ における q_c 値は(7)式と比較して $q_c = (3/3 \sim 1) q_p$ の範囲にある。Meyerhof は $q_c = (2.5 \sim 5.5) N$ (t/m^2)

P (t/m^2)	N	q_p (t/m^2)
10	≤ 22	$30 N$
20	≤ 30	$40 N$
30	≤ 38	$45 N + 10$
40	≤ 45	$48 N + 20$
50	≤ 50	$50 N + 25$

の関係を与えたが^④、 $N=0 \sim 60$ においては計算値はほぼその範囲の値を示している。ただし $q_p = 40 N$ (t/m^2) と与えられる関係は $p=20 \text{ t/m}^2$ 、 $N \leq 30$ の条件に相当している。他の条件における q_p を N の一次式で示すと概略表-1のようになり、 N 値が表-1の値より大きいときは(7)式または

表-1. $q_p \sim N$ 関係式

$$q_p = 75 N - 1000 \quad (\text{t/m}^2) \quad (8)$$

と近似される。

5. まとめ

以上のように N 値は有効上載圧、相対密度に影響されること、 $\phi \sim N$ 関係に有効上載圧をパラメーターとして加えること、および先端塑性域の大きさを考慮することによって、 N 値と杭先端支持力の相関性を推定することが出来る。ここで仮定して得られた関係を簡略化して表示すると図-4のようになり、特に N 値の低いところでは有効上載圧の影響を考慮することが必要である。

この関係を得るには $\phi \sim D_r$ の選定、塑性域の考え方がポイントとなる。ここでは塑性域を杭先上方1Bと考えているので、採用 N 値の平均範囲りそれに応じた範囲を考えるべきである。かなりの問題点を含んでいると思われるが、一つの考え方を提示するものである。

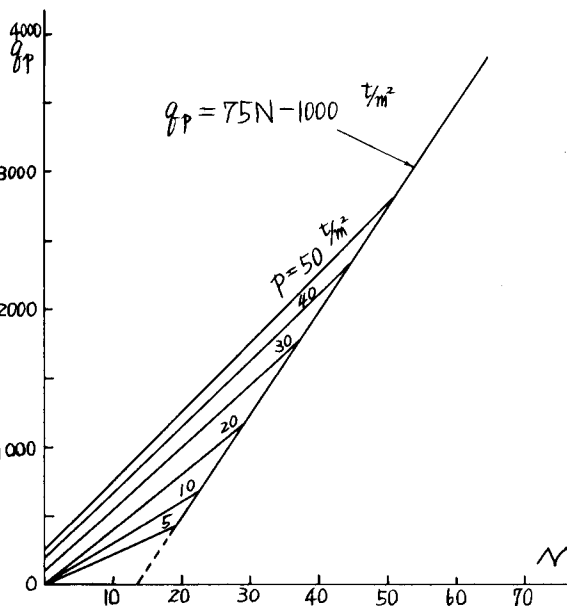


図-4

参考文献

- 1) Van der Veen. 例えは「土質工学ハンドブック」p.418.~419.
- 2) 石堂「杭の先端支持力」第7回土質工学研究発表会
- 3) Schultze E. Menzenbach, E 「Standard Penetration Test and Compressibility of Soil」 5th ICSM, Vol. 1 1961
- 4) G.G. Meyerhof 「Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesionless Soils」ASCE, vol SMI-82, 1956.
- 5) 大崎, 他 「東京地盤図」技報堂 1963
- 6) Meyerhof 「Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils」ASCE (Paper 866) 1956.